

## BAB II

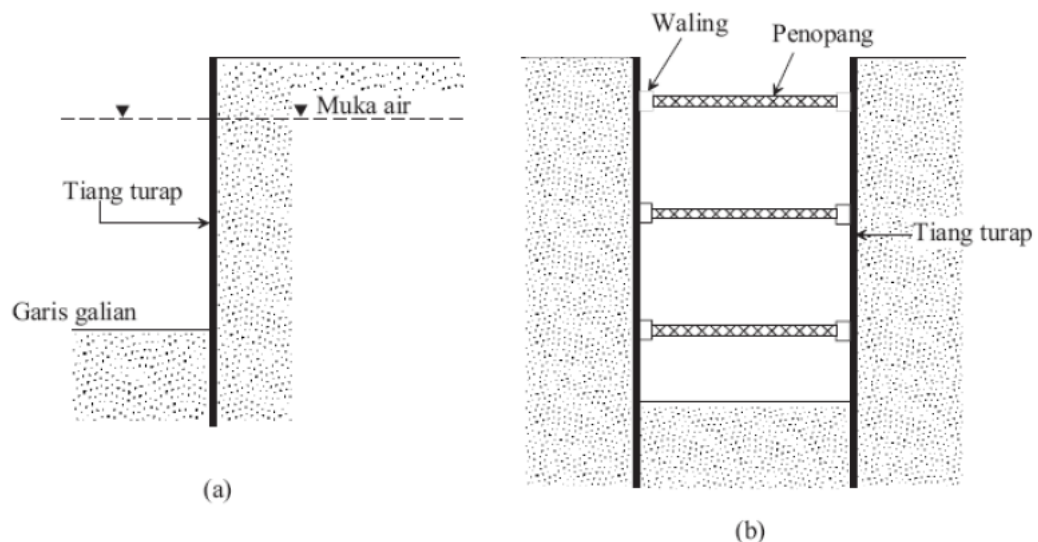
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Turap

##### 2.1.1 Dinding Penahan ( Turap )

Turap ( *sheet pile wall* ) adalah dinding menerus yang dibuat dengan cara menghubungkan potongan-potongan / section yang saling mengunci (baja, beton, atau kayu ) yang bertujuan untuk menahan tekanan horizontal akibat tanah dan air, menghasilkan stabilitas terhadap tekanan horizontal dari tanah yang dipancang dan menghasilkan sokongan horizontal yang bersumber dari angker yang dipasang dengan turap.

Menurut Das (2011) dinding turap adalah dinding vertikal relatif tipis yang berbentuk pipih dan panjang, biasanya terbuat dari material baja atau beton yang berfungsi kecuali untuk menahan tanah juga berfungsi untuk menahan masuknya air ke dalam lubang galian.



Gambar 2.1 Contoh Dinding Turap (a) turap di air (b) *braced cut*

##### 2.1.2 Fungsi Dinding Penahan (Turap)

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi sipil turap biasanya digunakan untuk berbagai keperluan konstruksi bangunan, seperti :

- a. Struktur penahan air dan atau penahan tanah

- b. Sistem penahan tanah pada galan (sementara/permanen)
- c. Struktur penahan tanah yang berlereng atau curam agar tanah tersebut tidak longsor
- d. Konstruksi bangunan yang ringan, saat kondisi tanah kurang mampu untuk mendukung dinding penahan tanah
- e. Menambah nilai estetika suatu konstruksi bangunan.

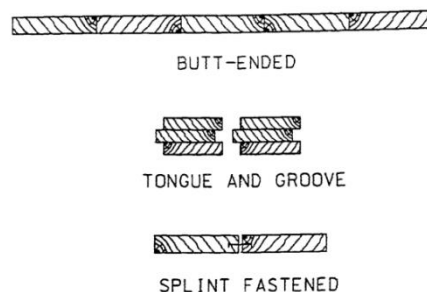
### 2.1.3 Jenis-Jenis Dinding Penahan Tanah ( Turap )

#### 1. Turap Kayu

Turap kayu digunakan untuk dinding penahan tanah yang tidak begitu tinggi karena tidak kuat menahan beban lateral yang besar. Turap kayu banyak digunakan pada pekerjaan-pekerjaan sementara atau bangunan yang tidak permanen, seperti bangunan perancah untuk penggalian pondasi atau sebagainya. Untuk bangunan permanen, pengawetan bahan dan perlindungan bahan terhadap pelapukan harus benar-benar diperhatikan. Penggunaan material kayu untuk dinding turap mempunyai keuntungan dan kerugian.

Keuntungan : Bahan ini mudah dicari

Kerugian : Masa pakai dari material ini relatif pendek, serta diperlukannya teknik perawatan.



Gambar 2.2 Turap Kayu

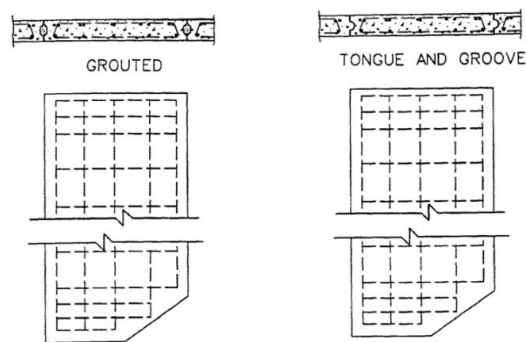
#### 2. Turap Beton

Turap beton merupakan balok-balok beton yang telah dicetak dengan bentuk tertentu, yang dibuat saling kait mengait satu sama lain. Ujung bawah

biasanya dibuat meruncing untuk memudahkan pemancangan. Digunakan untuk konstruksi yang berat dan permanen dan biasanya diberi perkuatan. Turap jenis ini harus mampu menahan tegangan yang timbul selama pelaksanaan konstruksi dan setelah konstruksi selesai. Tebalnya 150 – 200 mm dan lebarnya 500 – 800 mm.

**Keuntungan** : Bisa dibuat ditempat, sehingga waktu pelaksanaan lebih cepat karena tanpa tenggan waktu pemesanan dan pengangkutan.

**Kerugian** : sulitnya pelaksanaan dilapangan karena sering terjadi kebocoran-kebocoran.



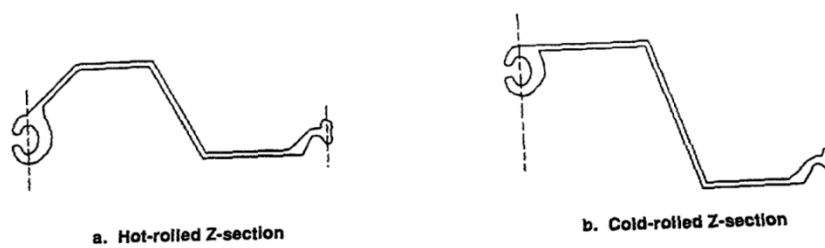
Gambar 2.3 Turap Beton

### 3. Turap Baja

Turap baja sangat umum digunakan dan biasa digunakan pada bangunan permanen. Konstruksi dinding turap ini lebih ringan, lebih mudah pelaksanaannya di lapangan serta hasilnya lebih baik. Keuntungan menggunakan konstruksi ini adalah :

- Kuat terhadap gaya-gaya benturan pada pemancangan
- Bahan relatif tidak begitu berat
- Dapat digunakan berulang-ulang
- Mempunyai keawetan tinggi
- Penyambungan mudah bila kedalaman turap besar

(Joseph E. Bowles : 1998)

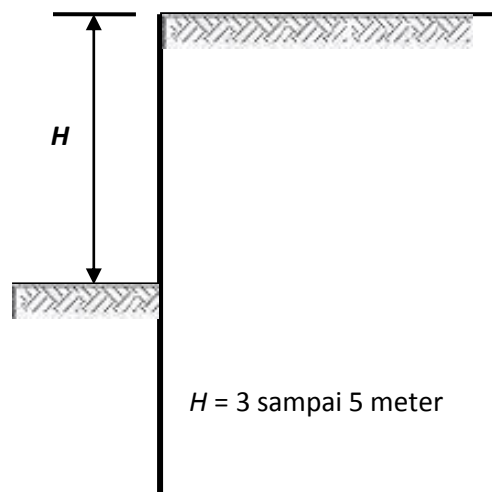


Gambar 2.4 Turap Baja

### 2.1.4 Tipe-tipe Dinding Penahan Tanah (Turap)

#### 1. Dinding Turap Kantilever (*Cantilever Sheet Pile*)

Dinding turap kantilever merupakan turap yang dapat menahan beban lateral dengan mengandalkan tahanan tanah di depan dinding dan tidak menggunakan sistem penjangkaran. Defleksi lateral yang terjadi relatif besar pada pemakaian turap kantilever karena luas penampang bahan turap yang dibutuhkan bertambah besar dengan ketinggian tanah yang ditahan (akibat momen lentur yang timbul). Turap kantilever hanya cocok untuk menahan tanah dengan ketinggian/kedalaman sedang.

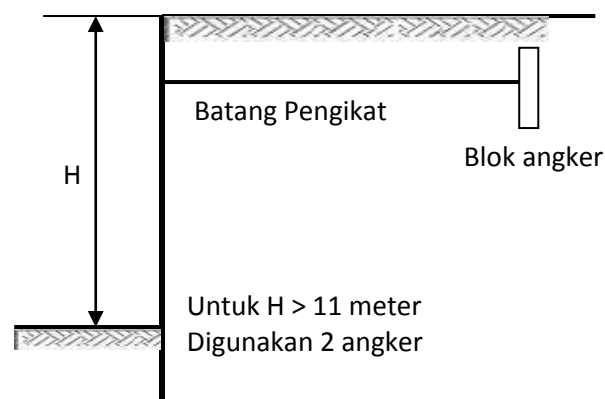


Gambar 2.5 Dinding Turap Kantilever

#### 2. Dinding Turap Diangker

Dinding turap diangker biasanya digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan turap yang menahan tekanan tanah terendam air, seperti

digunakan pada struktur-struktur di pelabuhan. Cara ini sangat cocok untuk galian yang dalam, tetapi masih juga tergantung pada kondisi tanahnya. Turap dipancang berderet, kemudian dilakukan penggalian dilakukan penggalian di depan turapnya. Dinding diukur pada bagian atasnya dengan kedalaman dan diameter angker menembus tanah yang tergantung dari besarnya tekanan tanah. (Hary Christady Hardiyatmo : 2006)



Gambar 2.6 Dinding Turap diangker

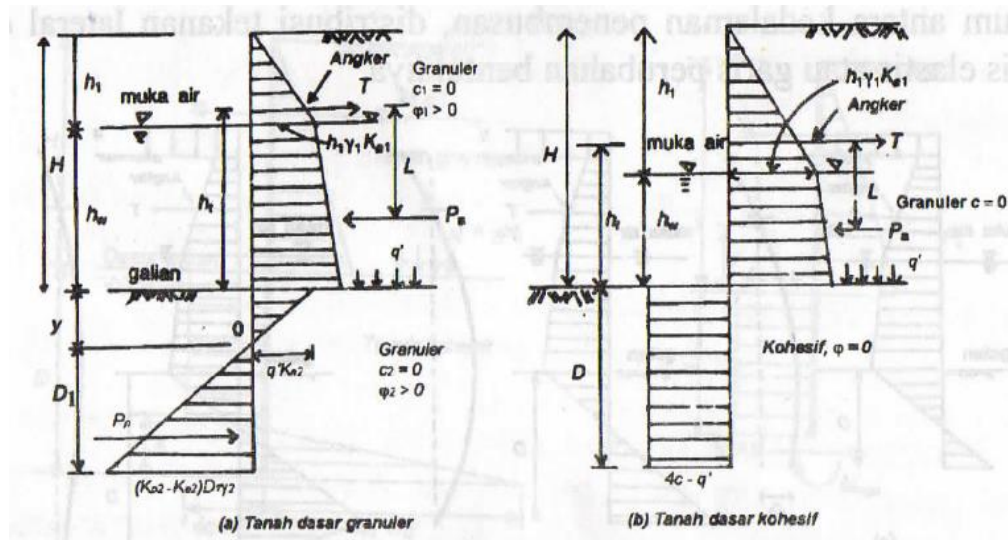
#### A. Metode Ujung Bebas (*Free End Method*)

Dalam analisis stabilitas turap dengan metode ujung bebas, dianggap kedalaman penembusan turap di bawah galian tanah tidak cukup untuk menahan tekanan yang terjadi pada bagian bawah ujung turapnya. Kondisi tekanan tanah yang bekerja dianggap memenuhi teori Rankine. Karena turap bebas berotasi terhadap ujung bawahnya.

Metode ujung bebas didasarkan pada beberapa anggapan sebagai berikut :

1. Turap merupakan bahan yang sangat kaku dibandingkan dengan tanah di sekitarnya.
2. Tekanan tanah yang bekerja pada dinding dapat dihitung dengan teori Rankine atau Coulumb

3. Turap dapat berotasi dengan bebas, namun tidak diizinkan bergerak secara lateral di tempat angkeranya. Pada kapasitas ultimednya, turap runtuh oleh gerakan ke arah luar di lokasi angkeranya.



Gambar 2.7 Perancangan turap diangker dengan metode ujung bebas

Prosedur perancangan turap metode ujung bebas pada tanah granuler adalah sebagai berikut :

- Gambarkan diagram tekanan tanah aktif dan pasif
- Menentukan tekanan *overbuden* efektif pada elevasi yang sama dengan dasar galian, yaitu :

$$(q' = \sum \gamma_i H_i)$$

- Menentukan kedalaman y (letak titik bertekanan nol) dengan menggunakan Persamaan :

$$y = \frac{q' K_{a2}}{\gamma' (K_{p2} - K_{a2})}$$

Dengan  $K_{a2}$  = koefisien tekanan aktif tanah di bawah dasar galian.

- Hitung Momen  $P_a$  dan  $P_p$  terhadap angker

$$d_1 p_a - \frac{1}{2} D_1^2 \gamma_2' (K_{p2} - K_{a2}) (H_w + b + y + \frac{2}{3} D_1) = 0$$

Dari persamaan ini akan diperoleh nilai  $D_1$

e. Hitung gaya angker

$$T = P_a - \frac{1}{2} D_1^2 \gamma_2' (K_{p2} - K_{a2})$$

- f. Hitung momen maksimum pada turap, dimana momen maksimum terletak pada suatu titik dengan gaya lintang nol.
- g. Pilihlah dimensi turap berdasarkan momen maksimum tersebut.
- h. Kalikan kedalaman turap (D) dengan faktor 1,2 – 1,4. Dengan mengalikan D dengan 1,2 – 1,4 maka bila dihitung ulang akan menghasilkan faktor aman 1,5 – 2. (Hary Christady Hardiyatmo : 2010)

### 2.1.5 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah timbul selama pergerseran tanah (*soil displacement*) atau selama peregangan tetapi sebelum tanah tersebut mengalami keruntuhan. Agar dapat merencanakan konstruksi penahan tanah dengan benar, maka kita perlu mengetahui gaya horizontal yang bekerja antara konstruksi penahan dan massa tanah yang ditahan. Gaya horizontal disebabkan oleh tekanan tanah arah horizontal (lateral).

Terdapat hal-hal mendasar yang berkaitan dengan tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah, dimana pada umumnya dinding berada didalam keadaan di bawah ini :

1. Kondisi tekanan tanah pada keadaan diam
2. Kondisi tekanan tanah aktif
3. Kondisi tekanan tanah pasif

#### A. Tekanan Tanah Aktif

Kondisi tekanan tanah aktif yaitu kondisi dimana dinding bergerak menjauhi bagian tanah timbunan/timbul apabila dinding penahan tanah bagian atas bergerak relatif ke depan relatif terdapat dasarnya, hal ini disebabkan oleh adanya momen yang terjadi atau bekerja pada dinding tersebut.

Tekanan tanah aktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma_3 = \sigma_1 \tan^2 (45 - \theta/2) - 2c \tan (45 - \theta/2)$$

$$\sigma_1 = Ka - 2c\sqrt{Ka}$$

persamaan ini dikembangkan lagi oleh Coulomb kira-kira pada tahun 1776 di dalam bentuk yang sangat berlainan yaitu :

$$\tan^2 \left( 45 - \frac{\theta}{2} \right) = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} ; \tan \left( 45 - \frac{\theta}{2} \right) = \frac{1 - \sin \theta}{\cos \theta}$$

## B. Tekanan Tanah Pasif

Kondisi tekanan tanah pasif yaitu kondisi dimana dinding bergerak relatif menuju tanah timbunan/ kondisi yang timbul akibat tanah itu didesak oleh dinding penahan tanah, sebagai contoh biasanya tekanan pasif timbul pada kaki dinding penahan (bagian depan muka dinding).

Jika pergeseran dinding ditahan oleh tanah yang berada didepan kaki dinding setinggi z. Apabila dinding bergeser, maka tanah penahan akan tertekan perlahan-lahan. Tegangan vertikal v tetap konstan dan h bertambah. Tekanan tanah pasif diturunkan pada kondisi keseimbangan pasif. Disini tekanan lateral berfungsi sebagai tekanan utama maksimum dan tekanan vertikal sebagai tekanan utama minimum.

Persamaan tekanan tanah pasif adalah :

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left( 45 + \frac{\theta}{2} \right) + 2c \tan \left( 45 + \frac{\theta}{2} \right)$$

## 2.1.6 Teori Tekanan Tanah

### A. Teori Tekanan Tanah Rankine (1857)

Yang dimaksud dengan keseimbangan plastis (plastic equilibrium) di dalam tanah adalah suatu keadaan yang menyebabkan tiap-tiap titik di dalam massa tanah menuju proses ke suatu keadaan runtuh. Rankine



menyelidiki keadaan tegangan di dalam tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis.

Persamaan koefisien tekanan tanah aktif dan pasif menurut teori Rankine :

$$K_a = \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

$$K_p = \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

Untuk komponen-komponen horizontal dan vertikal  $P_a$  dan  $P_p$  biasanya menggunakan persamaan :

$$P_{a.h} = P_a \cos \beta \quad ; \quad P_{a.v} = P_a \sin \beta$$

$$P_{p.h} = P_p \cos \beta \quad ; \quad P_{p.v} = P_p \sin \beta$$

## B. Teori Tekanan Tanah Coulomb

Teori Coulomb berasumsi bahwa terjadi gesekan antar dinding dengan tanah dibelakang dinding gaya geser antara tanah dengan dinding membentuk sudut  $\delta$ . (Joseph E. Bowles Jilid 2 : 1984)

Persamaan-persamaan yang digunakan pada teori Coulomb adalah :

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta) \left[ 1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\phi - \delta) \sin(\phi + \beta)} \right]^2}$$

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha + \delta) \left[ 1 - \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta)}{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta)} \right]^2}$$

Keterangan :

$K_a$  : Koefisien Tekanan Tanah Aktif

$K_p$  : Koefisien Tekanan Tanah Pasif

## 2.2 Elevasi Muka Air Banjir

Elevasi muka air di stasiun pengukuran merupakan parameter penting dalam Hidrometri. Elevasi tersebut diukur dengan datum (elevasi referensi) yang bisa berupa elevasi muka air laut rerata atau datum lokal (*Bench Mark*). Alat pencatat elevasi muka air dapat berupa papan duga (patok) dengan meteran (*Staff Gauge*) atau alat pengukur elevasi muka air secara otomatis (AWLR, *Automatic Water Level Recorder*). Pengamatan muka air dilakukan di lokasi dimana akan dibuat bangunan air seperti bendungan, bangunan pengambilan air, atau ditempat penting lainnya. Tujuan pengukuran tinggi muka air adalah untuk meramalkan aliran pada daerah banjir, merencanakan dimensi bangunan yang akan dibangun pada sungai tersebut atau pada lokasi yang ada didekatnya.

### 2.2.1 Papan Duga

Papan duga merupakan alat paling sederhana untuk mengukur elevasi muka air. Alat ini terbuat dari kayu atau plat baja yang diberi ukuran skala dalam sentimeter yang dapat dipasang di tepi sungai atau pada suatu bangunan seperti jembatan, bendung dan sebagainya. Angka nol pada papan duga ditempatkan pada titik terendah besar, maka pemasangan papan duga dapat dilakukan secara bertingkat. Untuk sungai yang mempunyai tebing teratur dan saluran buatan, papan duga juga dapat dipasang secara miring pada tebing dengan skala ukuran memperhatikan kemiringan tebing.

Pengamatan elevasi muka air pada papan duga biasanya dilakukan sekali dalam sehari. Meskipun penggunaan alat ini murah, tapi mempunyai kelemahan yaitu tidak tercatatnya muka air pada jam – jam lain yang mungkin mempunyai informasi penting, misalnya puncak banjir. (Bambang Triatmodjo : 2008).

## **2.3 Deskripsi Sungai**

### **2.3.1 DAS (Daerah Aliran Sungai)**

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung – punggung/ pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada satu titik/ stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta tofografi yang dilengkapi dengan garis – garis kontur. Limpasan berasal dari titik – titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis-garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi tersebut adalah DAS.

### **2.3.2 Panjang Sungai**

Panjang sungai adalah panjang yang diukur sepanjang sungai, dari stasiun yang ditinjau atau muara sungai sampai ujung hulunya. Sungai utama adalah sungai terbesar pada daerah tangkapan dan yang membawa aliran menuju muara sungai.

Pengukuran panjang sungai dan panjang DAS adalah penting dalam analisis aliran limpasan dan debit aliran sungai. Panjang DAS adalah panjang maksimum sepanjang sungai utama dari stasiun yang ditinjau (atau muara) ke titik terjauh dari batas DAS. Panjang pusat berat adalah panjang sungai yang diukur sepanjang sungai dari stasiun yang ditinjau sampai titik terdekat dengan titik berat daerah aliran sungai. Pusat berat DAS adalah pusat berat titik perpotongan dari dua arah atau lebih garis lurus yang membagi DAS menjadi dua DAS yang kira – kira sama besar. (Bambang Triatmodjo : 2008).

Ciri – ciri Daerah Aliran Sungai meliputi :

1. Luas dan bentuk daerah. Dihitung tiap  $\text{km}^2$  banjir – banjir sungai dengan aliran kecil terdapat lebih besar daripada banjir – banjir sungai dengan daerah yang lebih luas. Ini disebabkan antara lain karena di daerah kecil air hujan umumnya mudah mencapai sungai. Selain itu di daerah – daerah yang luas bisa terdapat danau, rawa, kolam, tanah

porous (pasir) dan lain sebagainya yang menahan air hujan, tetapi debit minimumnya terdapat lebih kecil.

2. Pada daerah aliran yang bentuknya lebar dengan banyak sungai cabang, banjir dari sungai cabang sering mencapai sungai induknya dalam waktu yang bersamaan. Tidak demikian keadaannya pada daerah – daerah yang bentuknya sempit dan panjang. Sehubungan dengan daerah- daerah yang berbentuk lebar tersebut, banjirnya lebih besar daripada didaerah sempit memanjang. Selanjutnya, didaerah- daerah yang letaknya sejajar dengan arah hujan sering terdapat banjir besar.
3. Keadaan Tofografi. Di daerah yang permukaan tanahnya miring terdapat aliran permukaan yang deras dan besar, terlebih jika tanahnya keras dan rapat. Kemiringan rata – rata dasar sungai sangat besar pengaruhnya pada kecepatan meningkatnya banjir.
4. Kepadatan drainase, yaitu panjang dari saluran – saluran persatuan luas daerahnya. Kepadatan drainase yang kecil menunjukkan secara relatif pengaliran melalui permukaan tanah kecil menunjukkan secara relatif pengaliran melalui permukaan tanah yang panjang untuk mencapai sungai, disini kehilangan air bisa menjadi besar. Selain itu meningkatnya banjir berlangsung lambat.
5. Geologi. Sifat – sifat tanah berpengaruh banyak pada banyaknya air yang hilang. Kerapatan tanah dan tebalnya lapisan tanah yang tembus air sangat menentukan besarnya infiltrasi dan evaporasi.
6. Elevasi rata – rata daerah aliran. Hujan – hujan lebat umumnya lebih banyak terjadi di daerah – daerah pegunungan daripada daerah dataran.
7. Keadaan daerah umumnya. Banyaknya tumbuhan perkampungan, kota, daerah – daerah pertanian dan lain sebagainya mempengaruhi banyaknya kehilangan air. Perkampungan, kota dan daerah industri mengurangi banyaknya infiltrasi.

### 2.3.3 Curah Hujan

Menurut Suryono Sosrodarsono (1983), curah hujan yang diperlukan untuk mendukung pekerjaan perencanaan dan detail design pengendalian banjir dimaksudkan untuk memperoleh keluaran berupa besaran banjir rancangan. Dalam hal ini besarnya volume debit yang disebabkan oleh curah hujan jangka waktu yang pendek dipergunakan sebagai acuan dalam perencanaan bangunan – bangunan sungai, seperti talud, pintu air saluran pembuang (*Flap Gate*), perlindungan lereng tebing (groin, bronjong, riprap, dan krip), bangunan pengendali dasar sungai (*groundsill*), bendungan irigasi dan lain – lain. Catatan hujan setiap waktu (kontinyu) itu diubah menjadi intensitas curah hujan per jam dan disebut intensitas curah hujan.

### 2.3.4 Elevasi Muka Air

Secara khusus tujuan analisis hidrologi dalam pekerjaan pengendalian banjir adalah untuk memperkirakan debit banjir dan elevasi muka air banjir pada sungai, sehingga dapat direncanakan tinggi jagaan (*freeboard*) yang dapat melindungi daerah sekitar sungai dari bahaya terendam banjir.

Dalam rangka keperluan perencanaan dan pelaksanaan untuk persungai diadakan beberapa jenis sebutan elevasi muka air sungai, yaitu :

1. Elevasi air rata-rata adalah jumlah angka muka air yang tercatat selama periode tertentu dibagi jumlah observasi. Observasi ini dapat dinyatakan dalam bulanan, tahunan, 2 tahunan, 3 tahunan, x tahunan tergantung dari periode observasi.
2. Elevasi air tertinggi rata-rata adalah angka rata-rata dari semua elevasi muka air yang lebih tinggi dari muka air rata-rata.
3. Elevasi air terendah rata – rata adalah nilai rata – rata dari semua elevasi muka air yang lebih rendah dari muka air rata – rata.
4. Elevasi air tinggi dan muka air rendah, Muka air tinggi adalah muka air di atas muka air rata – rata dan muka air rendah adalah muka air di bawah rata-rata.

5. Elevasi air normal adalah elevasi muka air yang letaknya di bawah setangan elevasi muka air yang terjadi selama periode tertentu, akan tetapi akan lebih tinggi dari setangan sisa elevasi muka air tersebut.
6. Elevasi muak air maksimum tahunan rata – rata adalah angka rata-rata elevasi muka air maksimum tahunan selama beberapa tahun.
7. Elevasi muka air maksimum tahunan rata – rata adalah angka rata – rata elevasi muka air minimum tahunan selama beberapa tahun.
8. Elevasi muka air terendah adalah muka air terndah dari semua muka air yang terukur selama 355 hari dalam setahun.
9. Elevasi muka air terendah adalah ditentukan dengan perhitungan aliran uniform atau non uniform. Perhitungan aliran uniform biasanya digunakan formula manning untuk memperoleh kecepatan arus rata-rata (Suyono Sosdarsono, 1985).

#### **a. Pengukuran Elevasi Muka Air**

Elevasi muka air di stasiun pengukuran merupakan parameter penting dalam Hidrometri. Elevasi tersebut diukur dengan datum (elevasi referensi) yang bisa berupa elevasi muka air laut rerata atau datum lokal (*Bench Mark*). Alat pencatat elevasi muka air dapat berupa papan duga (patok) dengan meteran (*Staff Gauge*) atau alat pengukur elevasi muka air secara otomatis (AWLR, *Automatic Water Level Recorder*). Pengamatan muka air dilakukan di lokasi dimana akan dibuat bangunan air seperti bendungan, bangunan pengambilan air, atau ditempat penting lainnya. Tujuan pengukuran tinggi muka air adalah untuk meramalkan aliran pada daerah banjir, merencanakan dimensi bangunan yang akan dibangun pada sungai tersebut atau pada lokasi yang ada didekatnya.

##### **1. Papan Duga**

Papan duga merupakan alat paling sederhana untuk mengukur elevasi muka air. Alat ini terbuat dari kayu atau plat baja yang diberi ukuran skala dalam sentimeter yang dapat dipasang di tepi sungai atau

pada suatu bangunan seperti jembatan, bendung dan sebagainya. Angka nol pada papan duga ditempatkan pada titik terendah besar, maka pemasangan papan duga dapat dilakukan secara bertingkat. Untuk sungai yang mempunyai tebing teratur dan saluran buatan, papan duga juga dapat dipasang secara miring pada tebing dengan skala ukuran memperhatikan kemiringan tebing.

Pengamatan elevasi muka air pada papan duga biasanya dilakukan sekali dalam sehari. Meskipun penggunaan alat ini murah, tapi mempunyai kelemahan yaitu tidak tercatatnya muka air pada jam – jam lain yang mungkin mempunyai informasi penting, misalnya puncak banjir. (Bambang Triatmodjo : 2008).



Gambar 2.8 Pemasangan Papan Duga

## 2.4 Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng tidak mudah, karena terdapat banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil hitungan. Faktor-faktor tersebut misalnya kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lainnya.

Terzaghi (1950) membagi penyebab longsor lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*). Pengaruh luar, yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya, akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan erosi sungai. Pengaruh dalam, yaitu longsor yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Contoh yang umum untuk kondisi ini adalah pengaruh bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng.

#### **2.4.1 Pengaruh Iklim**

Di dekat permukaan tanah, kuat geser tanah (terutama lempung) berubah dari waktu ke waktu bergantung pada iklim. Beberapa jenis tanah mengembang saat musim hujan, dan menyusut pada musim kemarau. Pada musim hujan kuat geser tanah ini menjadi sangat rendah dibandingkan dengan musim kemarau. Oleh karena itu, kuat geser tanah yang dipakai dalam analisis stabilitas lereng harus didasarkan pada kuat geser tanah di musim hujan atau kuat geser pada saat tanah jenuh air.

#### **2.4.2 Pengaruh Air**

Pengaruh aliran air atau rembesan menjadi faktor sangat penting dalam stabilitas lereng, namun pengaruh ini sulit diidentifikasi dengan baik. Telah dipelajari bahwa rembesan air yang terjadi di dalam tanah menyebabkan gaya rembesan yang sangat berpengaruh pada stabilitas lereng.

Erosi permukaan lereng dapat menyebabkan terkikisnya tanah permukaan yang mengurangi tinggi lereng, sehingga menambah stabilitas lereng. Sebaliknya, erosi yang memotong kaki lereng dapat menambah tinggi lereng sehingga mengurangi stabilitas lereng.

#### **2.4.3 Pengaruh Rayapan (*Creep*)**

Di dekat permukaan tanah yang miring, tanah dipengaruhi siklus kembang susut. Siklus ini dapat terjadi oleh akibat perubahan temperatur, perubahan

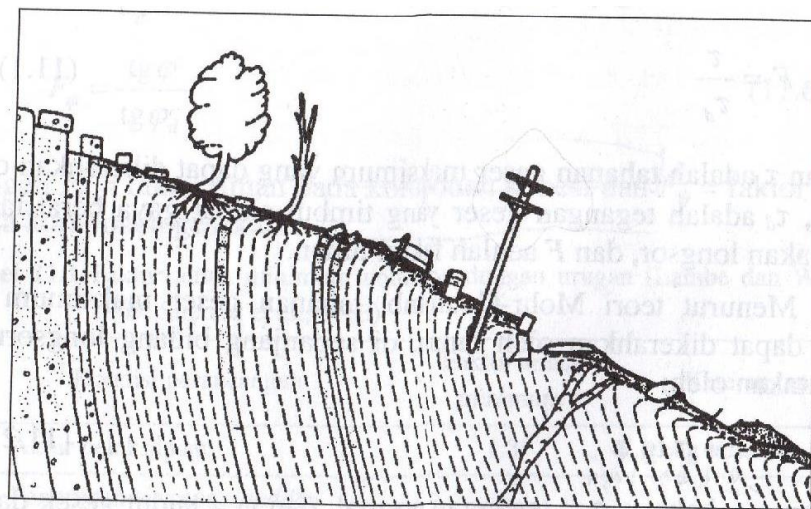


dari musim kemarau ke musim hujan, dan di daerah dingin dapat diakibatkan oleh pengaruh pembekuan air. Saat tanah mengembang, tanah naik sehingga melawan gaya-gaya gravitasi. Saat tanah menyusut, tanah turun dibantu oleh gravitasi. Hasil dari gerakan keduanya adalah gerakan perlahan lereng turun ke arah bawah.

Kedalaman zona rengkak bervariasi dari beberapa sentimeter sampai beberapa meter bergantung pada sifat tanah dan kondisi iklim. Kenampakan gerakan lereng akibat rayapan diilustrasikan oleh Taylor (1948) seperti pada Gambar 2.9. Seperti ditunjukkan dalam gambar tersebut, rengkak dapat menyebabkan hal – hal sebagai berikut :

1. Blok batu bergerak
2. Pohon – pohon melengkung ke atas.
3. Bagian bawah lereng melengkung dan menarik batuan
4. Bangunan menara, monumen, dan lain – lain miring
5. Dinding penahan tanah dan fondasi bergerak dan retak
6. Jalan raya dan jalan rel keluar dari jalurnya
7. Batu –batu besar menggelinding dan lain-lain

(Hary Christady Hardiyatmo : 2010)



Gambar 2.9 Kenampakan Lereng Akibat Rengkak (*Crep*)

## 2.5 Pile Cap

### 2.5.1 Perencanaan Pile Cap

Suatu pondasi tiang terdiri lebih dari satu tiang atau disebut tiang kelompok. Tiang kelompok ini disatukan oleh kepala tiang yang disebut *pile cap* atau *poer*. *Pile cap* berfungsi untuk mengikat tiang-tiang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. *Pile cap* terbuat dari beton bertulang, dituangkan langsung pada tanah kecuali jika tanah bersifat ekspansif. Perencanaan *pile cap* dilakukan dengan anggapan sebagai berikut :

1. *Pile cap* sangat kaku
2. Ujung atas tiang menggantung pada *pile cap*. Karena itu, tidak ada momen lentur yang diakibatkan oleh *pile cap* ke tiang
3. Tiang merupakan kolom pendek dan elastis. Karena itu, distribusi tegangan dan deformasi membentuk bidang rata.

( sumber : *Desain Pondasi Tahan Gempa oleh Anugrah Pamungkas dan Erny Hananti* )

Cara Perhitungan Penulangan *Pile Cap* yaitu :

- Perhitungan Penulangan Pile Cap
- Dimensi pile cap  $= p \cdot l \cdot t$
- Beban pile cap sendiri  $= \text{Dimensi pile cap} \times \rho_{\text{beton}}$
- Beban pile cap per meter  $= \text{Beban pile cap sendiri} \times 1 \text{ m}$
- Ø Tulangan Utama
- Ø Sengkang
- Selimut Beton (s)

$$\text{Tinggi efektif (d)} = h - s - \text{Ø Sengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø Tulangan Utama}$$

#### a. Pile Cap (Tumpuan)

- Menghitung Mu Tumpuan dan Beban balok sendiri

$$\text{Total Beban} = \text{Mu Tumpuan} + \text{Beban Balok Sendiri}$$

$$k = \frac{\text{Mu Tumpuan}}{\phi \times b \times d^2}$$

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \times f_c}} \right)$$

$$\rho_{\min} \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} 0,0047 \quad ; \quad \rho_{\max} = 0,75 \times \frac{\beta \times 0,85 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai  $\rho_{\min}$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$\text{Jarak tul.} = 1\phi / A_s \times 600$$

Dipakai tulangan  $\phi =$

$$\text{Jumlah tulangan yang digunakan} = A_s / 1\phi$$

b. Pile Cap ( Lapangan)

Menghitung Mu Tumpuan dan Beban Balok Sendiri

Total Beban = Mu Tumpuan + Beban Balok Sendiri
--

$$k = \frac{\text{Mu Tumpuan}}{\phi \times b \times d^2}$$

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \times f_c}} \right)$$

$$\rho_{\min} \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} 0,0047$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \frac{\beta \times 0,85 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$\rho < \rho_{\min}$ , maka dipakai  $\rho_{\min}$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$\text{Jarak tul.} = 1\phi / A_s \times 600$$

Dipakai tulangan  $\phi =$

$$\text{Jumlah tulangan yang digunakan} = A_s / 1\phi$$

(sumber : Struktur Beton Bertulang berdasarkan SK. SNI T-15-1991-03  
Departemen Pekerjaan Umum RI, Istimawan Dipohusodo)

## 2.6 Pengelolahan Proyek

Manajemen proyek (Pengelolaan Proyek) adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan hirerki (arus kegiatan) vertikal maupun horizontal.

Dalam manajemen proyek untuk menyusun suatu perencanaan yang lengkap minimal meliputi :

### 1. Menentukan tujuan (*goal*)

Tujuan (*goal*) organisasi atau perusahaan dapat diartikan sebagai pedoman yang memberikan arah gerak segala kegiatan yang hendak dilakukan.

### 2. Menentukan sasaran

Sasaran adalah titik – titik tertentu yang perlu dicapai bila organisasi tersebut ingin tercapai tujuannya. Dalam konteks ini, kegiatan proyek dapat digolongkan sebagai kegiatan dengan sasaran yang telah ditentukan dalam rangka mencapai tujuan perusahaan.

### 3. Mengkaji posisi awal terhadap tujuan

Mengkaji posisi dan situasi awal terhadap tujuan atau sasaran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kesiapan dan posisi organisasi pada tahap awal terhadap sasaran yang telah ada.

### 4. Memilih alternatif

Dalam usaha meraih tujuan atau sasaran tersedia berbagai pilihan tindakan atau cara mencapainya. Pengkajian dilakukan dengan mencoba menjawab pertanyaan berikut :

- a. Apakah alternatif yang dipilih memiliki cukup keluwesan untuk menghadapi perubahan keadaan yang mungkin timbul ?
- b. Apakah yang dipilih merupakan alternatif terbaik untuk memenuhi tuntutan proyek akan jadwal, biaya, dan mutu ?

c. Apakah alternatif yang dipilih telah mempertimbangkan tersedianya sumber daya pada saat diperlukan ?

d. Apakah telah dipikirkan penggunaan teknologi baru

Bila jawaban dari pertanyaan di atas memuaskan maka akan dilanjutkan dengan tahapan berikutnya.

#### 5. Menyusun rangkaian langkah mencapai tujuan

Proses ini terdiri dari penetapan langkah terbaik yang mungkin dapat dilaksanakan setelah memperhatikan sebagai batasan. Kemudian menyusunnya menjadi urutan dan rangkaian menuju sasaran dan tujuan.

(Soeharto : 1995)

### **2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat**

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya.

### **2.4.2 Analisa Harga Satuan**

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Dan dalam manajemen proyek analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

### **2.4.3 Volume Pekerjaan**

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya suatu pekerjaan yang ada serta dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume

pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

#### **2.4.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Rencana Anggaran Biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Tujuan dari rencana anggaran biaya (RAB) adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai bentuk konstruksi, besar biaya dan pelaksanaan atau penyelesaian.

#### **2.4.5 Rencana Pelaksanaan**

Rencana pelaksanaan pada proyek konstruksi dapat dibuat dalam berbagai bentuk, yaitu antara lain :

##### **1. Kurva S**

Kurva S merupakan kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan progress pekerjaan dari setiap pekerjaan. Bentuk grafik kurva S perlu dibuat sebaik mungkin karena akan mempengaruhi arus keuangan proyek dan penjadwalan kedatangan material serta hal-hal penting lainnya.

##### **2. Barchart**

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Hal – hal yang perlu ditampilkan dalam barchart adalah antara lain :

- a. Jenis pekerjaan
- b. Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan
- c. Alur pekerjaan (Ervianto hal.162)

Cara membuat barchat adalah sebagai berikut :

Pertama kali kita harus merencanakan waktu pelaksanaan setiap pekerjaan, sehingga dapat diketahui ilmu pekerjaan yang harus selesai sebelum pekerjaan berikutnya dapat dikerjakan atau dapat dikerjakan secara bersamaan.

Misalnya :

- a. Pekerjaan persiapan dikerjakan pertama kali sampai akhir pekerjaan. Selanjutnya baru dapat dikerjakan pekerjaan galian tanah.
- b. Pekerjaan lantai kerja baru dapat dikerjakan setelah pekerjaan galian tanah selesai.
- c. Pekerjaan pasir urug baru dapat dikerjakan setelah pembuatan lantai kerja selesai.
- d. Pekerjaan pasangan batu kali dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan dengan pasir urug.
- e. Pekerjaan urugan kembali dapat dikerjakan setelah semua item pekerjaan pondasi selesai.

Dari permisalan tersebut, selanjutnya kita dapat membuat barchat. Caranya adalah membuat tabel pekerjaan (berisi item pekerjaan dan waktu pelaksanaan).

### 3. Network Planning

Network planning adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram network sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk ke dalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya.

Manfaat dari Network Planning adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengatur jalannya proyek.
- b. Mengetahui jalur kritis lintasan.

- c. Untuk mengetahui pekerjaan mana yang tidak masuk lintasan kritis sehingga pengerjaannya bisa lebih santai sehingga tidak mengganggu pekerjaan utama yang harus tepat waktu.
- d. Mengetahui pekerjaan mana yang harus diutamakan dan dapat selesai tepat waktu.
- e. Sebagai rekayasa value engineering sehingga dapat ditentukan metode kerja termurah dengan kualitas terbaik.
- f. Untuk persyaratan dokumen tender lelang proyek.

(Tubagus Haedar Ali : 1995)